

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОНИЦАЕМЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОГНЕСТОЙКИХ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохамед, О. В. Бойправ, Т. А. Пулко,
А. М. Прудник, Л. М. Лыньков

*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Минск, Беларусь*

В настоящее время материалы для экранирования электромагнитного излучения (ЭМИ) и конструкции на их основе применяются для целей защиты информации, обеспечения электромагнитной совместимости РЭА, снижения радиолокационной заметности объектов военной техники. Кроме этого, их используют для создания средств защиты биологических объектов от воздействия ЭМИ [1]. Основным принципом экранирования электромагнитных сигналов является перенаправление энергии колебаний за счет отражения от поверхностей, а также на поглощение волн внутри материалов [2]. Также необходимо учитывать, что в некоторых случаях к экранирующим материалам могут предъявляться специальные требования, например, требования по устойчивости к климатическим условиям, огнестойкости и т. п. Воздействие открытого пламени приводит к необратимым трансформациям поверхности, химического состава и макроструктуры материала, а также изменениям экранирующих характеристик. Помимо стабильных экранирующих характеристик разрабатываемых экранов, одним из требований, предъявляемых к ним, является пожаробезопасность (в частности, воспламеняемость и возгораемость).

В данной работе в качестве основы для создания экранов применялось нетканое иглопробивное полотно, которое содержало

70 % полиэфирных волокон (0,33 текс, 65 мм, извитое), 20 % полипропиленовых волокон (0,33 текс, 60 мм, извитое) и 10 % угольных волокон марки УГЦВ-1-Р (0,11 текс, 62 мм). Толщина полотна составляла 6 мм, поверхностная плотность – 250 г/м².

Для обеспечения требований пожаробезопасности предлагается использование огнезащитного состава «АгниТерм М» с добавлением порошкообразных материалов, обладающих свойствами поглощения ЭМИ. В качестве порошкообразных наполнителей применяли древесный уголь, активированный уголь и технический углерод, а также диоксид титана [2].

Изготавливались образцы экранов с размерами 0,6×0,6 м². Были собраны сухие смеси в соотношении 1:1, в следующих комбинациях: древесный уголь – диоксид титана, активированный уголь – диоксид титана и технический углерод – диоксид титана. В качестве пластификатора был использован клей ПВА, который добавлялся в соотношении 1:2 в состав «Агнитерм М». После перемешивания связующего материала с сухими смесями, композиционный материал наносился на поверхность иглопробивного полотна слоем с толщиной 0,3 мм.

Эффективность экранирования ЭМИ материалом оценивалась соотношением между напряженностями электрического поля в точке пространства при отсутствии и наличии в ней этого материала и характеризовалась коэффициентами отражения и передачи ЭМИ. Для исследования экранирующих характеристик использовался измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, работающий по принципу отдельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн. Частотные зависимости коэффициентов отражения и передачи представлены на рис. 1 и 2.

Результаты исследования показали, что образец экрана ЭМИ на основе смеси активированный уголь – диоксид титана позволяет получить значение коэффициента передачи в диапазоне частот 0,7...3,0 ГГц порядка –0,1...–2,9 дБ при коэффициенте отражения ЭМИ –5,0...–23,0 дБ. С ростом частоты в диапазоне 2...17 ГГц наблюдалось увеличение коэффициента передачи ЭМИ до –7,0 дБ. Для образца экрана ЭМИ на основе углеродсо-

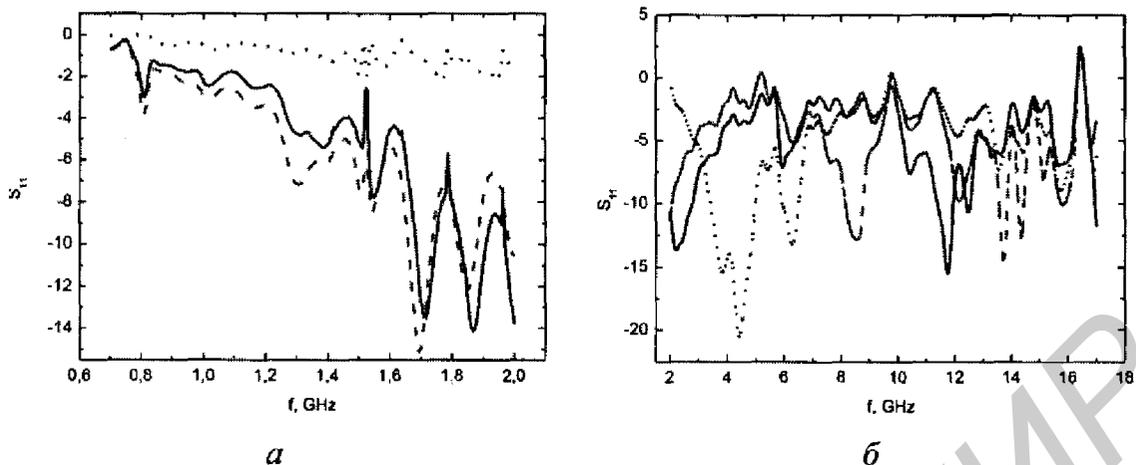


Рис. 1. Зависимость коэффициентов отражения S_{11} до термообработки (пунктирная линия – древесный уголь, штриховая линия – активированный уголь, сплошная линия – технический углерод): *а* – в диапазоне частот 0,7...2,0 ГГц, *б* – в диапазоне частот 2,0...17,0 ГГц

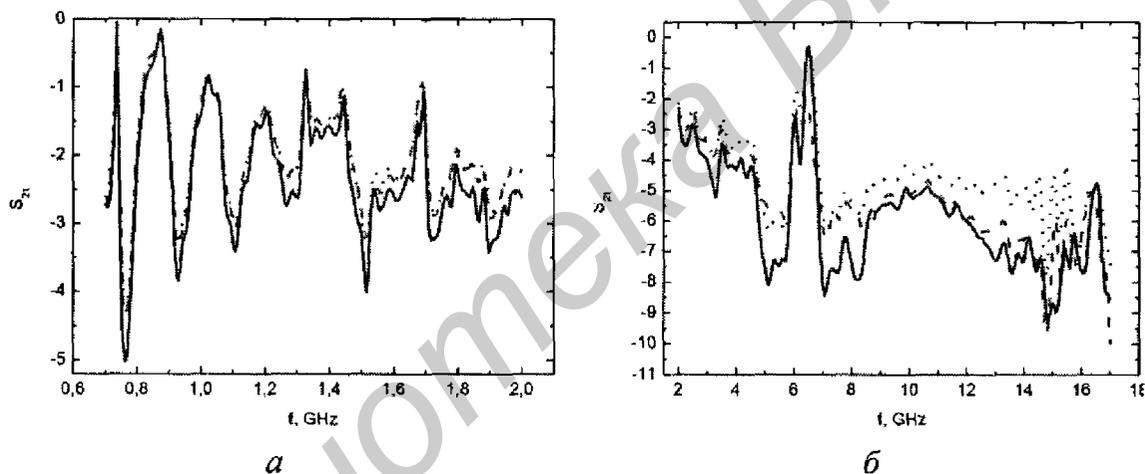
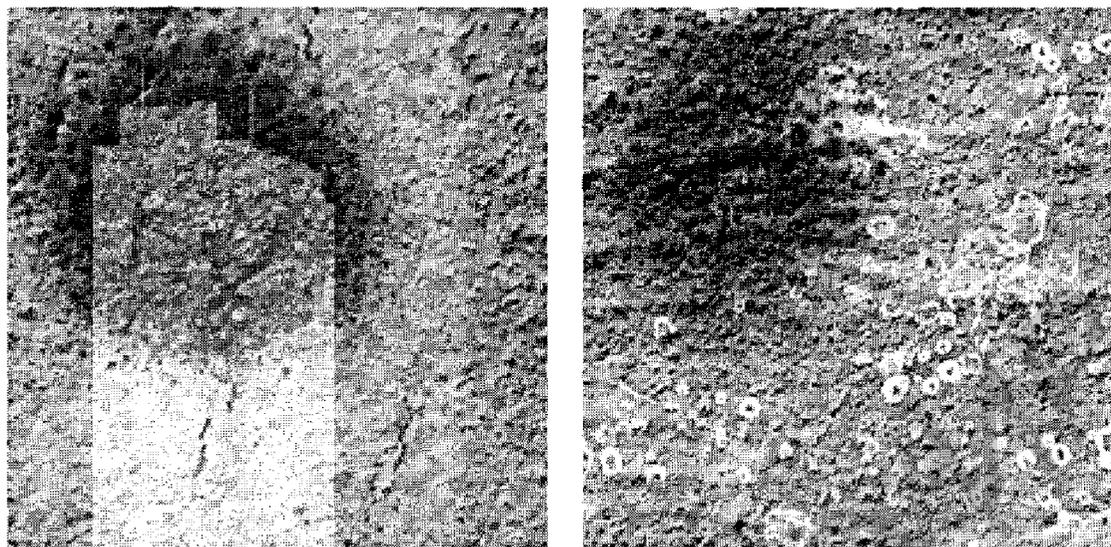


Рис. 2. Зависимость коэффициентов передачи S_{21} до термообработки (пунктирная линия – древесный уголь, штриховая линия – активированный уголь, сплошная линия – технический углерод): *а* – в диапазоне частот 0,7...2,0 ГГц; *б* – в диапазоне частот 2,0...17,0 ГГц

держашей смеси технический углерод – диоксид титана характерен коэффициент передачи $-1,0...-2,6$ дБ при коэффициенте отражения $-5,0...-10,0$ дБ. В диапазоне частот $2...17$ ГГц наблюдалось увеличение коэффициента передачи до $-6,0$ дБ при коэффициенте отражения $-2,0...-10,0$ дБ.

Исследования огнестойкости экранирующих материалов проводились в соответствии с работами [3, 4], посредством воз-



a

б

Рис. 3. Внешний вид поверхности образцов углеродсодержащих экранов ЭМИ после воздействия открытого пламени: *a* – лицевая сторона экрана ЭМИ на основе углеродсодержащей смеси активированный уголь – диоксид титана; *б* – лицевая сторона экрана ЭМИ на основе углеродсодержащей смеси технический углерод – диоксид титана

действия открытого пламени температурой $+1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ на образцы. Высота пламени в вертикальном положении горелки составляла 40 мм. На рис. 3 представлен внешний вид поверхности образцов, полученных в результате эксперимента. Показано, что время сквозного прогорания образца экрана ЭМИ на основе смеси технический углерод – диоксид титана составило 35 с, а для образца экрана ЭМИ на основе смеси активированный уголь – диоксид титана наблюдалось образование кокса в течении 60 с без прогорания нетканого иглопробивного полотна основы.

После термообработки открытым пламенем, проводилось повторное измерение коэффициентов передачи и отражения (рис. 4 и 5). Показано, что образец экрана ЭМИ на основе смеси активированный уголь – диоксид титана позволяет получить значение коэффициента передачи в диапазоне частот 0,7...3,0 ГГц порядка $-2,0\text{...}-4,2$ дБ при коэффициенте отражения ЭМИ $-2,0\text{...}-14,5$ дБ. В частотном диапазоне 2...17 ГГц наблюдалось увеличение коэффициента передачи ЭМИ до $-10,0$ дБ. Для образца экрана ЭМИ на основе углеродсодержащей смеси

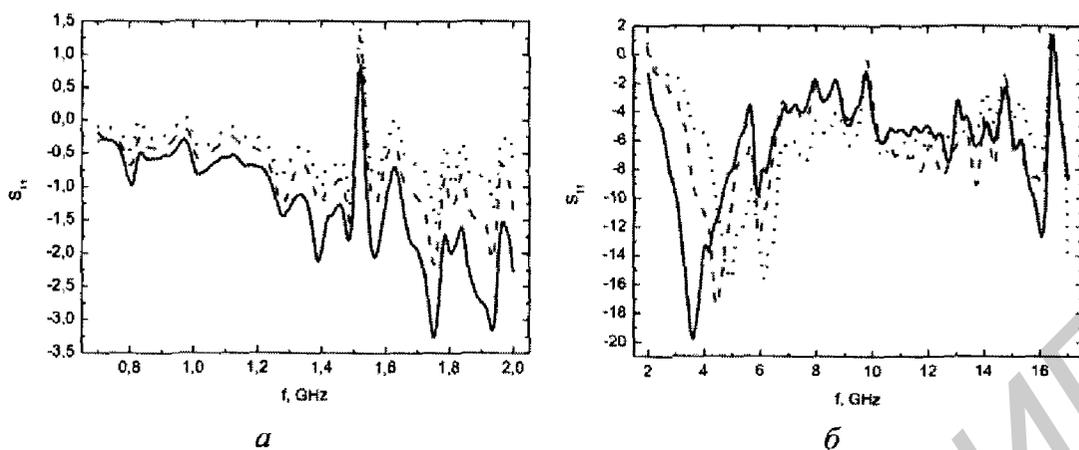


Рис. 4. Зависимость коэффициентов отражения S_{11} после термообработки (пунктирная линия – древесный уголь, штриховая линия – активированный уголь, сплошная линия – технический углерод): *а* – в диапазоне частот 0,7...2,0 ГГц, *б* – в диапазоне частот 2,0...17,0 ГГц

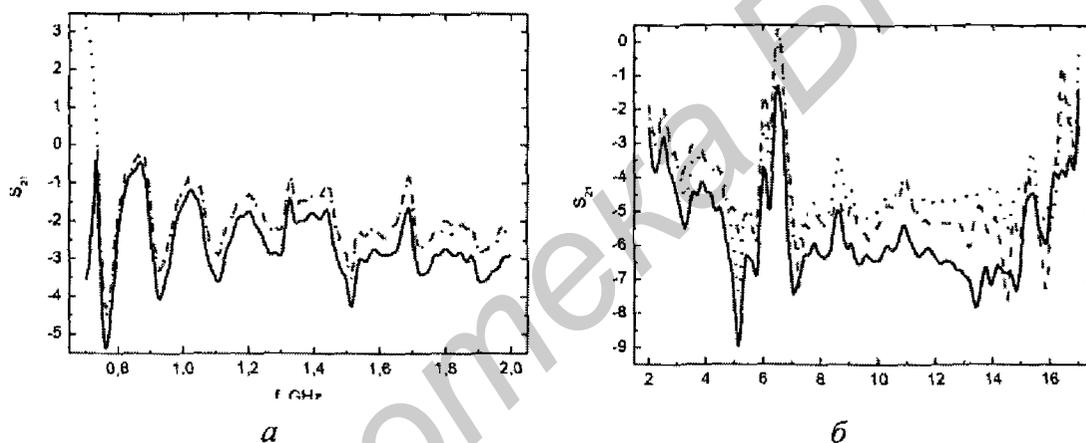


Рис. 5. Зависимость коэффициентов передачи S_{21} после термообработки (пунктирная линия – древесный уголь, штриховая линия – активированный уголь, сплошная линия – технический углерод): *а* – в диапазоне частот 0,7...2,0 ГГц, *б* – в диапазоне частот 2,0...17,0 ГГц

технический углерод – диоксид титана характерен коэффициент передачи $-2,5...-7,0$ дБ при коэффициенте отражения $-0,5...-10,0$ дБ. В диапазоне частот $2...17$ ГГц наблюдается увеличение коэффициента передачи до $-8,5$ дБ при коэффициенте отражения $-1,0...-5,0$ дБ.

Был проведен рентгеноструктурный анализ образцов после термообработки открытым пламенем. Показано, что в результате воздействия высокотемпературного пламени на поверхность

разработанных образцов экранов ЭМИ входящий в состав каждого образца углеродсодержащий порошкообразный компонент (активированный уголь, технический углерод) переходит в аморфную фазу. Вследствие чего на поверхности образцов возникает дополнительное количество рутила, который образует кокс, предотвращая прогорание нетканого полотна.

Таким образом, в результате проведенной работы показана возможность реализации технологии получения проницаемых углеродсодержащих материалов для экранов электромагнитного излучения с пожаробезопасными свойствами.

Литература

1. Водосодержащие имитаторы биологических тканей для защиты человека от электромагнитных излучений / Я. Т. Аль-Адеми [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2014. – 187 с.
2. Шунгитосодержащие композиционные экраны электромагнитного излучения / М. Ш. Махмуд [и др.]; под ред. Л. М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2013. – 195 с.
3. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь 01-2014: постановление МЧС Респ. Беларусь от 14 марта 2014 г. № 3. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь, 2014. – 161 с.
4. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость. ГОСТ 30402–96. – Введ. 01.07.1996. – М.: Изд. Минстрой России, 1996. – 33 с.

ВЛИЯНИЕ НИКЕЛЯ НА МОРФОЛОГИЮ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОРИСТЫХ TiC–Fe КАРКАСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ *in-situ* ТЕРМИЧЕСКИМ СИНТЕЗОМ

Г. А. Баглюк, Г. А. Максимова, Д. А. Гончарук,
А. В. Бездорожев

Институт проблем материаловедения НАН Украины, Киев, Украина

Введение. Среди групп износостойких материалов, изготавливаемых с использованием методов порошковой металлургии, в последние годы получили широкое распространение карбидостали – композиты, состоящие из карбидов с массовой долей по-